

宋虎卫,张瑞越,李文卉,等. 过氧乙酸结合钙处理对青种枇杷的保鲜效应[J]. 江苏农业科学,2013,41(6):208-211.

# 过氧乙酸结合钙处理对青种枇杷的保鲜效应

宋虎卫<sup>1</sup>, 张瑞越<sup>1</sup>, 李文卉<sup>1</sup>, 郑永华<sup>2</sup>, 袁卫明<sup>3</sup>

(1. 淮阴师范学院生命科学学院/江苏省环洪泽湖生态农业生物技术重点实验室, 江苏淮安 223300;

2. 南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095; 3. 苏州农业职业技术学院, 江苏苏州 215008)

**摘要:**微生物引起的腐烂是枇杷贮藏过程中面对的主要问题之一,而过氧乙酸(PAA)被认为是一种安全、高效、廉价的“绿色”防腐剂的。研究了不同浓度 PAA 结合 0.8%  $\text{CaCl}_2$  处理青种枇杷在非冷害低温( $7 \pm 1$ ) °C 和 0.02 mm PE 包装贮藏条件下部分品质与理化指标的变化情况。结果表明:与 2 个对照(0.8%  $\text{CaCl}_2$ 、清水处理)、0.2% PAA 和 0.8% PAA 结合钙处理相比,0.4% PAA + 0.8%  $\text{CaCl}_2$  复合处理能显著抑制青种枇杷果实腐烂指数、失重率、硬度和细胞膜渗透率的上升,有效阻延可滴定酸、维生素 C、可溶性固形物含量及出汁率的降低,并使果实呼吸强度维持在较低水平,贮藏 25 d 时果实外观与风味品质良好,说明 0.4% PAA + 0.8%  $\text{CaCl}_2$  复合处理是一种有效、安全、经济的枇杷保鲜实用技术。

**关键词:**枇杷;过氧乙酸(PAA);钙处理;贮藏保鲜

**中图分类号:** S609<sup>+</sup>.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)06-0208-04

青种枇杷(*Eriobotrya japonica* Lindl. cv. Qingzhong)是白沙类枇杷中的优良鲜食品种,也是我国五大批杷主产区苏州洞庭西山的主栽品种。但青种枇杷耐贮性差,成熟期集中在 5 月下旬至 6 月上旬,采后室温下贮存 1 周常发生腐烂和变质,致使损失率高、供应期短。以炭疽菌为主的微生物是造成枇杷果实腐烂的主因<sup>[1]</sup>。1~5 °C 低温贮藏虽能抑制果实腐烂的发生,但会出现果肉褐变、果皮难剥离、出汁减少等冷害不良现象<sup>[2]</sup>。因此在非冷害低温贮藏条件下探寻安全、有效、经济的防腐保鲜剂仍是解决枇杷贮藏保鲜问题的关键技术之一。

过氧乙酸(peracetic acid, PAA)被公认为是一种安全、高效、廉价、广谱型的“绿色”杀菌剂,它在数分钟内可以杀死几乎所有微生物(包括病毒和芽孢)<sup>[3]</sup>,而且无任何毒副作用残留,原因是 PAA 分解的终产物是乙酸、 $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{O}_2$ <sup>[4]</sup>。PAA 已在医疗消毒、食品加工和餐饮等行业广泛使用,如法国家庭在食用果蔬前用 15 mg/L PAA 浸洗 1~2 min 已是一种常规的消毒程序<sup>[5]</sup>。目前, PAA 在鲜切蔬菜保鲜方面研究报道较多,包括番茄、生菜、胡萝卜、韭菜、白菜、花菜等<sup>[6-8]</sup>,而在水果上的研究报道鲜见,主要见于草莓<sup>[9]</sup>,都取得了良好的保鲜效果。 $\text{CaCl}_2$  也是一种安全实用的保鲜剂,有研究表明 0.8%  $\text{CaCl}_2$  能有效延缓枇杷果实采后衰老<sup>[10]</sup>。

目前在国内外未见过氧乙酸(PAA)对枇杷保鲜效应的研究报道。本试验以青种枇杷为试材,研究不同浓度 PAA 结合  $\text{CaCl}_2$  处理在非冷害低温结合 PE 袋封装贮藏条件下,对青种枇杷贮藏品质指标变化的影响,寻找 PAA 对青种枇杷处理的最佳浓度,为有效解决青种枇杷采后腐烂损失和品质下降

问题提供理论依据和实用技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验用的青种枇杷采自苏州市吴中区洞庭西山镇农户果园,采摘后立即运回实验室,置于( $12 \pm 1$ ) °C 条件下过夜预冷 12 h。剔除残次果,选留大小、成熟度及色泽基本一致的枇杷果实供试。

### 1.2 试验设计与处理

试验设计:3 个水平(0.2%、0.4%、0.8%) PAA + 0.8%  $\text{CaCl}_2$  处理和 2 个对照(CK1 为清水处理,CK2 为 0.8%  $\text{CaCl}_2$ ),共 5 个处理。

处理方法:将挑选后的果实随机分成 5 组,其中一组作为 CK1,用清水浸泡 12 min,其他 4 组先分别用 0.8%  $\text{CaCl}_2$  浸泡 8 min,自然晾干,将其中另一组设为 CK2。将余下 3 组果实分别用 0.2%、0.4%、0.8% PAA 浸泡处理 4 min,晾干。将每组果实分成 27 等份(每处理 9 次检测×3 个重复),分别用 0.02 mm 厚 PE(聚乙烯)薄膜袋封装(每袋 40 个果实左右),作好标签。将所有果袋置于( $7 \pm 1$ ) °C 冷库中贮藏,期间每 3~5 d 从各处理组随机抽取 3 袋(3 个重复)样品检测下述指标。

### 1.3 检测指标与方法

**1.3.1 失重率与腐烂指数统计** 果实失重率 = (初始果重 - 检测时重)/初始重 × 100%;目测法检查每袋果实腐烂个数和腐烂程度,腐烂程度划分为 5 级<sup>[11]</sup>:0 级无腐烂;1 级腐烂果面 ≤ 25%;25% < 2 级腐烂果面 ≤ 50%;50% < 3 级腐烂果面 ≤ 75%;4 级腐烂果面 > 70%。计算腐烂指数 =  $[\sum(\text{级数} \times \text{该级果数})]/(\text{总果数} \times \text{最高级值}) \times 100$ 。

**1.3.3 呼吸强度测定** 用大气采样器按气流法测定<sup>[12]</sup>。称取 1.0 kg 果实放入干燥器内,先以 0.4 L/min 空气流速将呼吸室抽空 30 min,然后接上吸收管正式测定 30 min(调整流量保持 0.4 L/min)。结束后用 0.4 mol/L NaOH 滴定吸收  $\text{CO}_2$

收稿日期:2012-12-04

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201003073)。

作者简介:宋虎卫(1974—),男,陕西咸阳人,博士,讲师,主要从事果蔬采后生理与生物技术研究。Tel: (0517) 83525992; E-mail: hwsong222@163.com。

呼吸量。

1.3.4 维生素 C 和可滴定酸含量测定<sup>[13]</sup> 分别称取 20 g 果肉,液氮冷冻后迅速磨成细浆,用 0.025% 2,6-二氯酚染料滴定维生素 C 含量,用 0.05 mol/L NaOH 滴定可滴定酸含量(以苹果酸计)。

1.3.5 果实细胞膜渗透性/相对电导率测定<sup>[14]</sup> 称取 2 g 果肉和 1 g 果皮,用去离子水漂洗 2 次,加入 30 mL 去离子水,摇床上振荡 30 min 后用 DDS-11A 型电导仪测定电导率;煮沸 10 min 杀死细胞,冷却后补水至原来重量,再测定电导率。果实相对电导率 = (初始电导率 - 纯水电导率) / (煮沸后的电导率 - 纯水电导率) × 100%。

1.3.6 果肉出汁率测定 称取果肉 8.0 g 记为  $m_1$ ,研磨至细浆后,于 12 000 g 下 4 °C 离心 20 min,转移上清液,称其重量记为  $m_2$ ,果肉出汁率 =  $(m_2/m_1) \times 100\%$ 。

1.3.7 果肉硬度和可溶性固形物测定 每处理随机取果 30 个,在每个果实最大横径处去皮后取 3 个点,用 GY-1 型硬度计测定硬度。从每个果实上称取 2 g 果肉混合,用打浆机打匀后 4 层纱布过滤,取汁液用手持折光仪测定可溶性固形物含量。

以上每个指标重复测定 3 次,求平均值后在 Excel 中进行数据处理与作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度 PAA 结合钙处理对枇杷失重率和腐烂指数的影响

如图 1、图 2 所示,与清水处理(CK1)相比,3 个浓度 PAA 结合钙处理和  $\text{CaCl}_2$  处理(CK2)都显著降低了枇杷果实失重率和腐烂指数。在失重率方面,0.2%、0.4%、0.8% PAA 结合 0.8%  $\text{CaCl}_2$  处理果实失重率均低于 CK2,且随着贮藏时间的延长差异越明显,其中 0.4% PAA 结合钙处理果实失重率增加最缓慢(图 1),其次是 0.2% PAA 处理,0.8% PAA 处理失重率较高;贮藏 24 d 时,0.4% PAA 处理果实失重率比 CK2、0.8%、0.2% PAA 处理分别减少了 50.0%、40.9%、24.5%。在腐烂情况方面,0.4% PAA 处理比 0.2% PAA 处理果实腐烂指数低且差异明显,并都低于 0.8% PAA 和 CK2,而 0.8% PAA 结合钙处理与 0.8%  $\text{CaCl}_2$  (CK2)之间差异不显著(图 2);贮藏 24 d 时,0.4% PAA 处理果实腐烂指数比 CK2、0.8%、0.2% PAA 处理分别减少了 54.2%、56.4%、18.3%。因此,0.4% PAA 结合  $\text{CaCl}_2$  处理良好地阻抑了青种枇杷采后失重和腐烂进程,延缓了营养损耗和腐烂变质。

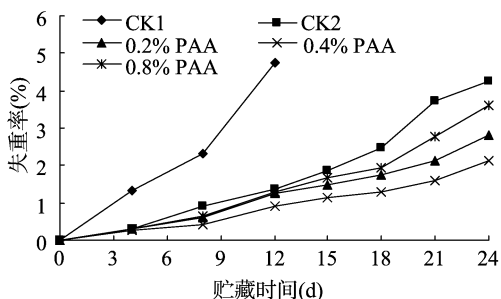


图1 不同浓度PAA结合钙处理对青种枇杷失重率的影响

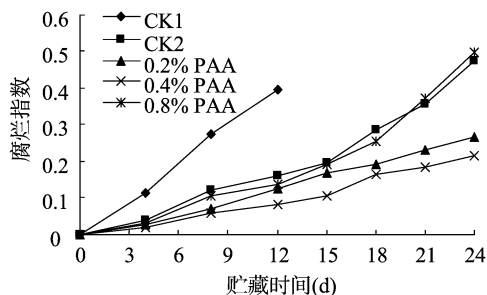


图2 不同浓度PAA结合钙处理对青种枇杷腐烂指数的影响

### 2.2 不同浓度 PAA 结合钙处理对青种枇杷可溶性固形物和硬度的影响

从图 3 可以看出,所有处理果实在贮藏期间可溶性固形物(TSS)含量变化呈先上升后下降趋势,除 CK1 的 TSS 含量峰值出现在第 4 天外,其他 4 个都在第 8 天左右出现峰值,其中 0.4% PAA 处理 TSS 含量最高,依次降低的是 0.8% PAA、0.2% PAA、CK2。0.2% PAA 结合钙处理 TSS 含量在贮藏 9 d 后明显高于 0.8% PAA 和 CK2,而 0.8% PAA 与 CK2 呈交织状态差异不显著。

由图 4 可知,除 0.8% PAA 处理外,其他 4 个处理果肉硬度随贮藏时间延长均呈逐渐增加趋势,其中 CK1 硬度增加最快,0.4% PAA 结合钙处理硬度增加最缓慢,0.2% PAA 果肉硬度高于 0.4% PAA 而低于 CK2,0.8% PAA 结合钙处理果肉硬度增幅最小(17.1%),其在贮藏 9 d 后低于 0.2% PAA 处理和 CK2,说明因 PAA 处理浓度过高破坏了果肉细胞代谢平衡,加速了后期腐烂导致硬度变小。

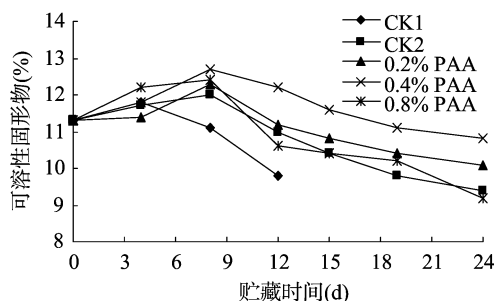


图3 不同浓度PAA结合钙处理对青种枇杷TSS含量影响

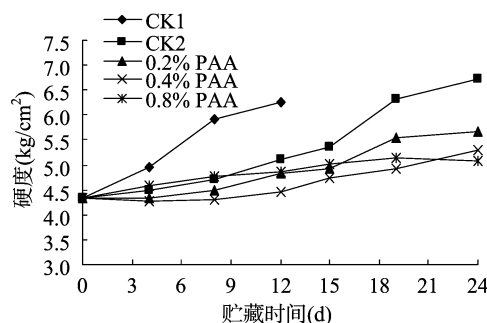


图4 不同浓度PAA结合钙处理对青种枇杷硬度的影响

### 2.3 不同浓度 PAA 结合钙处理对枇杷可滴定酸和维生素 C 含量的影响

总酸和维生素 C 含量是反映果实营养品质的两个重要指标。图 5、图 6 结果表明,0.4% PAA 结合钙处理果实可滴

定酸和维生素 C 含量始终维持在最高水平,0.2% PAA 处理次之,而 0.8% PAA 处理与 CK2 之间差异不显著,但都显著高于 CK1。在贮藏 25 d 时,0.4% PAA 处理果实可滴定总酸、维生素 C 含量比 0.8%、0.2% PAA 处理分别高出 56.5%、6.8% 和 94.8%、29.9%。因此,0.4% PAA 结合  $\text{CaCl}_2$  处理有效地延缓了青种枇杷可滴定总酸和维生素 C 含量的下降。

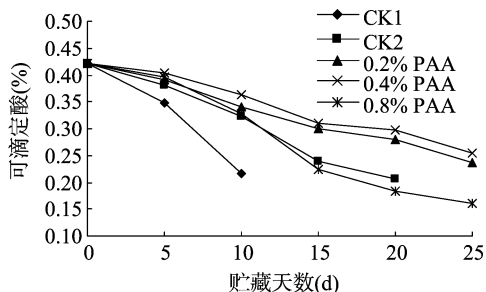


图5 不同浓度PAA结合钙处理对青种枇杷可滴定酸含量的影响

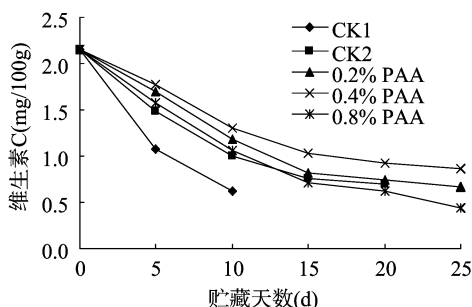


图6 不同浓度PAA结合钙处理对青种枇杷维生素C含量的影响

## 2.4 不同浓度 PAA 结合钙处理对枇杷呼吸强度和相对电导率的影响

图 7 结果显示,青种枇杷在  $(7 \pm 1)^\circ\text{C}$  低温贮藏期间果实呼吸强度呈不断下降趋势,为非呼吸跃变型果实<sup>[15]</sup>。在 5 个处理中,CK1 果实贮藏 8 d 前呼吸强度最高,0.4% PAA 结合钙处理果实呼吸强度一直维持在最低水平,0.2% PAA 呼吸强度低于 0.8% PAA 和 CK2,而 0.8% PAA 结合  $\text{CaCl}_2$  处理呼吸强度在贮藏 8 d 后高于 CK2,这与其同期腐烂指数大于 CK2 相呼应。

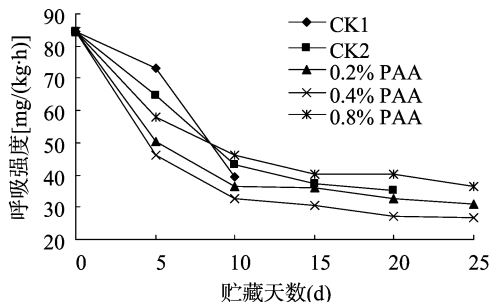


图7 不同浓度PAA结合钙处理对青种枇杷呼吸强度的影响

相对电导率是衡量果实细胞膜渗透衰老程度的重要指标。图 8 结果表明,CK1 相对电导率最高且增幅最大,说明衰老进程最快,其他 4 个处理在 5 d 后差异逐渐明显,其中 0.4% PAA 结合钙处理相对电导率始终保持最低水平,说明细胞衰老最慢,0.2% PAA 次之,而 0.8% PAA 相对电导率在

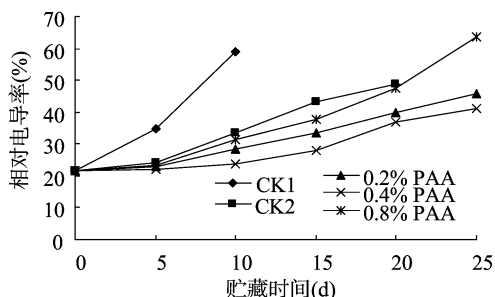


图8 不同浓度PAA结合钙处理对青种枇杷相对电导率的影响

贮藏 20 d 前低于 CK2。

## 2.5 不同浓度 PAA 结合钙处理对枇杷出汁率的影响

出汁率是反映果实贮藏营养品质和商品性的重要指标。由图 9 可知,各处理的果肉出汁率都呈不同程度先上升后缓慢下降的趋势,这与各处理可溶性固形物含量变化态势相似。0.4% PAA 结合钙处理果实出汁率始终最高,其余依次是 0.2% PAA、0.8% PAA 处理,CK2 较低。贮藏 25 d 时 0.4%、0.2% PAA 果肉出汁率(分别为 72.6%、70.2%)分别比贮藏前(69.4%)高出 4.6%、1.2%,而 0.8% PAA 和 CK2 出汁率比贮藏前分别减少了 3.2%、4.4%,表明 0.2%、0.4% PAA 处理能有效延缓果实内容物损耗,而 0.8% PAA 处理则加速了果实内容物损耗。

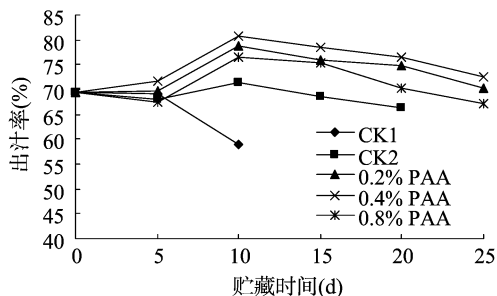


图9 不同浓度PAA结合钙处理对青种枇杷出汁率的影响

## 3 结论与讨论

微生物特别是炭疽菌引起的腐烂<sup>[1]</sup>和品质劣变是枇杷贮藏保鲜面对的主要问题,过氧乙酸(PAA)作为一种安全、高效、廉价、广谱型“绿色”杀菌剂已得到广泛认可和应用<sup>[3-4]</sup>。本试验结果表明:(1)0.4% PAA(4 min)结合 0.8%  $\text{CaCl}_2$ (8 min)复合处理对青种枇杷保鲜效果最好,能显著抑制枇杷果实腐烂指数、失重率、细胞膜渗透性(相对电导率)和果肉硬度的上升,有效延缓可滴定酸和维生素 C、可溶性固形物和出汁率的降低,并使果实呼吸强度维持在较低水平。这归因于 PAA 的超强杀菌能力和  $\text{CaCl}_2$  对枇杷果实采后生理调控的双重保鲜机理。(2)0.2% PAA 结合钙处理对青种枇杷保鲜效应显著优于 0.8% PAA 结合钙处理和 0.8%  $\text{CaCl}_2$ (CK2)处理,而 0.8% PAA 结合钙处理在贮藏中后期不如 0.8%  $\text{CaCl}_2$ (CK2)保鲜效果好,说明 0.8% PAA 结合钙处理因浓度过高提早打破了细胞代谢平衡从而加速了枇杷果实衰老与腐烂进程。因此,PAA 对青种枇杷适宜处理浓度范围是 0.2%~0.4%(浸泡 4 min)。(3)0.2%、0.4% PAA 复合 0.8%  $\text{CaCl}_2$  处理对青种枇杷保鲜效果明显优于 CK2(0.8%

CaCl<sub>2</sub>),这说明适宜浓度 PAA 复合 CaCl<sub>2</sub> 处理比单独使用 CaCl<sub>2</sub> 保鲜效果好,这一新颖、有效的复合方法在前人试验中并未见报道。

在草莓上的研究结果表明,0.1% PAA 浸渍 1 min 保鲜效果最好,而过低(0.05%)或过高(0.2%)浓度 PAA 都增加了草莓腐烂率,降低了还原糖等含量<sup>[9]</sup>;在胡萝卜、茼蒿、韭菜、大白菜、花菜等蔬菜上,采用 80~250 mg/L PAA 浸泡 2~5 min 能显著抑菌、降低呼吸强度和增加叶绿素、胡萝卜素等含量<sup>[6-8]</sup>。结合本研究结果说明,适宜浓度 PAA 不仅能高效杀菌防腐败,还能有效改善果蔬生理代谢和品质,增强保鲜效果。

本试验各处理在(7±1)℃低温下贮藏枇杷果肉硬度都呈不同幅度增加趋势,这在早钟六号枇杷(6~8℃)<sup>[16]</sup>和解放钟枇杷(12℃)<sup>[17]</sup>低温贮藏时也都存在同样现象,因为枇杷果肉在低温下易发生木质化致使果肉硬度增加,与原果胶、木质素和纤维素含量增加有关<sup>[3]</sup>,也与低温诱导下苯丙氨酸解氨酶(PAL)和过氧化物酶(POD)活性的上升相关<sup>[17]</sup>。另外,在本试验中观察到枇杷果实可溶性固形物含量都先呈不同程度的增加然后缓慢降低,这与前期淀粉不断水解成可溶性糖,中后期因有机酸、糖等呼吸基质不断消耗有关<sup>[16]</sup>。所以我们认为,为了保持良好外观和风味品质,在非冷害低温(≥6℃)下枇杷不宜过长期贮藏,以贮藏 20~30 d 出库销售为好。

通过已有报道和本试验结果分析,PAA 对果蔬保鲜机理应该包括杀菌和生理调节两方面。PAA 杀菌机理已较明确,认为主要通过氧化反应及酸性作用摧毁微生物细胞,即 PAA 分解释放出[O]和[·OH]等强氧化性活性氧基团,通过氧化还原反应夺取菌体电荷,破坏菌体细胞膜系统,使蛋白质(酶)变性、DNA 碱基断裂,引起微生物细胞死亡<sup>[4]</sup>。PAA 对细菌、病毒具有强大的杀灭作用,但对动植物机体几乎不产生毒效,原因可能在于细菌原核细胞结构(多数酶系统分布于细胞膜近表面,易受攻击)与高等动植物真核细胞(复杂的有机结构形成能抵抗外源氧化剂的保护系统)截然不同<sup>[18]</sup>。但 PAA 对果蔬细胞采后生理调节机制目前还不清楚,参考同属于强氧化剂的二氧化氯(ClO<sub>2</sub>)保鲜机理<sup>[19]</sup>,可能与 PAA 选择性地氧化含硫键氨基酸(如乙烯合成前体甲硫氨酸)和芳香环氨基酸(如呼吸糖酮代谢中酪氨酸残基),影响乙烯、呼吸代谢及酶催化能力有关。另外,本试验保鲜效果也得益于 CaCl<sub>2</sub> 的保鲜机理,其能有效降低果实细胞膜透性,抑制采后呼吸、乙烯作用和 SOD 等抗氧化酶活性<sup>[10,20-21]</sup>,起到延缓衰老的作用。因此,将安全、高效、廉价的杀菌剂 PAA 与生理调节剂 CaCl<sub>2</sub> 复合使用能起到更好的保鲜效果,值得在枇杷等果蔬贮藏保鲜中推广应用。

#### 参考文献:

[1]Cao S F,Zheng Y H,Yang Z F,et al. Control of anthracnose rot and quality deterioration in loquat fruit with methyl jasmonate[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2008(88):1598-1602.

[2]郑永华,李三玉,席玛芳. 枇杷冷藏过程中果肉木质化与细胞壁物质变化的关系[J]. 植物生理学报,2000,6(4):306-310.

[3]Kitis M. Disinfection of waste water with peracetic acid:a review[J]. Environment International,2004,30(1):47-55.

[4]沈伟,朱仁义. 过氧乙酸与过氧化氢消毒剂及其研究进展[J]. 中国消毒学杂志,2010,27(4):456-457.

[5]Kim H,Ryu J H,Beuchat L R. Survival of *Enterobacter sakazakii* on fresh produce as affected by temperature and effectiveness of sanitizers for its elimination[J]. International Journal of Food Microbiology,2006,111(2):134-143.

[6]Martinez-Sanchez A,Allende A,Bennett R N,et al. Microbial,nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers[J]. Postharvest Biology and Technology,2006,42(1):86-97.

[7]Allende A,Selma M V,López-Gálvez F,et al. Role of commercial sanitizers and washing systems on epiphytic micro-organisms and sensory quality of fresh-cut escarole and lettuce[J]. Postharvest Biology and Technology,2008,49(1):155-163.

[8]Vandekinderen I,Davieghere F,De Meulenaer B,et al. Optimization and evaluation of a decontamination step with peroxyacetic acid for fresh-cut produce[J]. Food Microbiology,2009,26(8):882-888.

[9]李和生,王鸿飞. 过氧乙酸对草莓贮藏保鲜效果的初步研究[J]. 江苏农业科学,2002(1):60-61,70.

[10]胡波. 钙处理对枇杷果实采后若干生理指标影响初报[J]. 亚热带植物通讯,2000,29(2-1):31-33.

[11]孙维芝. 白玉枇杷贮藏保鲜的程序降温技术研究[J]. 江苏农业科学,2010(6):426-427.

[12]连喜军,鲁晓翔,杨鑫博,等. 气流法测定苹果呼吸强度中参数的确定[J]. 农产食品科技,2007(2):26-28.

[13]曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007:28-30,46-49.

[14]刚成诚,李建龙,王亦佳,等. 利用不同物理方法处理水蜜桃保鲜效果的对比研究[J]. 江苏农业科学,2012,40(2):204-207.

[15]郑永华,席玛芳,应铁进. 枇杷采后呼吸与乙烯释放规律的研究[J]. 园艺学报,1993,20(2):111-115.

[16]李维新,何志刚,林晓姿. 低温贮藏对早钟六号枇杷采后生理与贮藏特性的影响[J]. 华南热带农业大学学报,2005,11(3):1-4.

[17]吴锦程,唐朝晖,陈群,等. 不同贮藏温度对枇杷果肉木质化及相关酶活性的影响[J]. 武汉植物学研究,2006,24(3):235-239.

[18]张晓煜. 二氧化氯对细菌杀灭机理的研究[D]. 武汉:中国科学院研究生院(武汉病毒研究所),2006:111-114.

[19]Fu Y,Zhang K,Wang N,et al. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on polyphenol oxidases from Golden Delicious apple[J]. LWT-Food Science and Technology,2007,40(8):1362-1368.

[20]千春录,米洪波,赵宇瑛,等. 氯化钙和热空气处理对水蜜桃低温贮藏品质的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(3):648-651.

[21]章泳,俞炳果,王薛修. 氯化钙对枇杷贮藏期的效应及其生理机制[J]. 南京农业大学学报,1995,18(1):104-105.